

Biodiversität in Zahlen – Die Bundeswaldinventur als Grundlage für ein Biodiversitätsmonitoring im Wald

Judith Reise, Florian Kukulka, Serina Trotzer, Susanne Winter

Die Bundeswaldinventur (BWI) stellt eine geeignete Grundlage für ein kontinuierliches bundesweites Monitoring von biodiversitätsrelevanten Waldstrukturen dar. Die Verbreitung von Waldarten der Vögel, Fledermäuse, Moose und Gefäßpflanzen in Deutschland kann mit Hilfe der Daten der BWI-3 nur in Teilen beschrieben werden. Folglich sind Rückschlüsse über den Einfluss von forstlichem Management, auf den Zustand und die Veränderung der Artenvielfalt im Wald nur eingeschränkt möglich. Daher wäre die Einrichtung eines direkten Monitorings von Waldartengruppen, welches sich zeitlich und räumlich mit der BWI überschneidet, wünschenswert.

1 Einleitung

In der durch das Bundeskabinett im Jahr 2007 beschlossenen „Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt" (NBS; BMU 2007) stellen der Wald und seine Nutzung ein wichtiges Thema dar. Darin werden Ziele für den Erhalt, die Verbesserung und nachhaltige Nutzung der Biodiversität in Deutschland formuliert. Die Umsetzung der Strategie kann über ein regelmäßiges Monitoring nachvollzogen werden, das den Zustand und die Veränderungen der biologischen Vielfalt in Deutschland dokumentiert (BMUB 2015). In der vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit erarbeiteten „Naturschutzoffensive 2020" (BMUB 2015) stellt die Einführung eines bundesweites Biodiversitätsmonitoring eine von 40 Maßnahmen dar, um die Ziele der NBS bis 2020 noch zu erreichen. Für den Wald existiert bereits eine im Bundeswaldgesetz § 41a fest geschriebene und alle 10 Jahre stattfindende, flächendeckende Aufnahme - die Bundeswaldinventur (BWI). Die letzte Erhebung, die dritte BWI (BWI-3), wurde im Jahr 2012 abgeschlossen. An über 60.000 Probepunkten wurden über 150 Merkmale aufgenommen, die einen direkten Bezug zur Waldbiodiversität haben: Baumarten, Brusthöhendurchmesser (BHD) der Bäume, Totholz und einige Baum-Mikrohabitate, z.B. Spechthöhlen und Käferbohrlöcher. Ein kontinuierliches Monitoring typischer Waldartengruppen, wie z.B. Pilze, Gefäßpflanzen, Moose, Käfer, Vögel und Fledermäuse erfolgt bisher nicht, weshalb auch nicht sicher nachvollzogen werden kann, ob Änderungen in den durch die BWI aufgenommenen Waldmerkmalen, auch mit Änderungen im Vorkommen bestimmter Waldartengruppen einhergehen. Jedoch existieren einige bundesweite Artverbreitungsdatensätze: von Fledermäusen, die regelmäßig im Rahmen der Natura 2000-Richtlinie erstellt werden (BfN 2014), von Brutvögeln aus der umfassenden Brutvogelkartierung 2014 des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten (DDA 2014), sowie zu Gefäßpflanzen, die aus der Florenkartierung stammen (BfN, NetPhyD 2013) und Moosen aus dem Moosatlas der Zentralstelle Moose Deutschland aus dem Jahr 2007 (Meinunger und Schröder 2007). Nachfolgend werden Ergebnisse aus der erstmaligen deutschlandweiten Verknüpfung der Artverbreitungsdaten mit den Daten der BWI-3 vorgestellt, dabei soll untersucht werden, inwieweit die Daten der BWI die aktuelle Verbreitung der oben genannten Artengruppen beschreiben können.

Die Arbeiten wurden im Rahmen eines Verbundprojektes zur „Nachhaltigkeitsbewertung alternativer Waldbehandlungs- und Holzverwendungsszenarien unter besonderer Berücksichtigung von Klima- und Biodiversitätsschutz (WEHAM-Szenarien)" durchgeführt und durch den Waldklimafonds, des Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, gefördert.

2 Daten und Datenanalyse

2.1 Daten der Bundeswaldinventur

Die Bundeswaldinventur findet auf permanenten Probepunkten statt, die in einem bundesweiten Stichprobennetz angeordnet sind. Das Basisnetz ist ein 4 km x 4 km umfassendes Raster, welches durch einige Bundesländer verdichtet wurde. Die Aufnahme der Merkmale erfolgt jeweils an einem Stichprobenpunkt (Traktecke), die in einem Trakt angeordnet sind (Abbildung 1).

Neben der Ermittlung von Holzvorräten, werden auch Vorräte des liegenden und stehenden Totholzes, innerhalb eines Probekreises von 5 m aufgenommen, wobei das liegende Totholz nur dann Teil der Stichprobe ist, wenn es mit dem dickeren Holzende im Probekreis liegt (BMEL 2011). Darüber hinaus wird die Datenbank der BWI-3 mit Daten zum Klima (Temperatur, Niederschlag), zur Höhenlage, der Eigentumsart (Bundes-, Landes-, Körperschafts-, Privatwald) und ob sich die Traktecke in einem Schutzgebiet oder an einem historischen Waldstandort befindet, ergänzt. Auch lässt sich anhand der Daten bestimmen, wie naturnah die Baumartenzusammensetzung jeweils ist, wo-

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

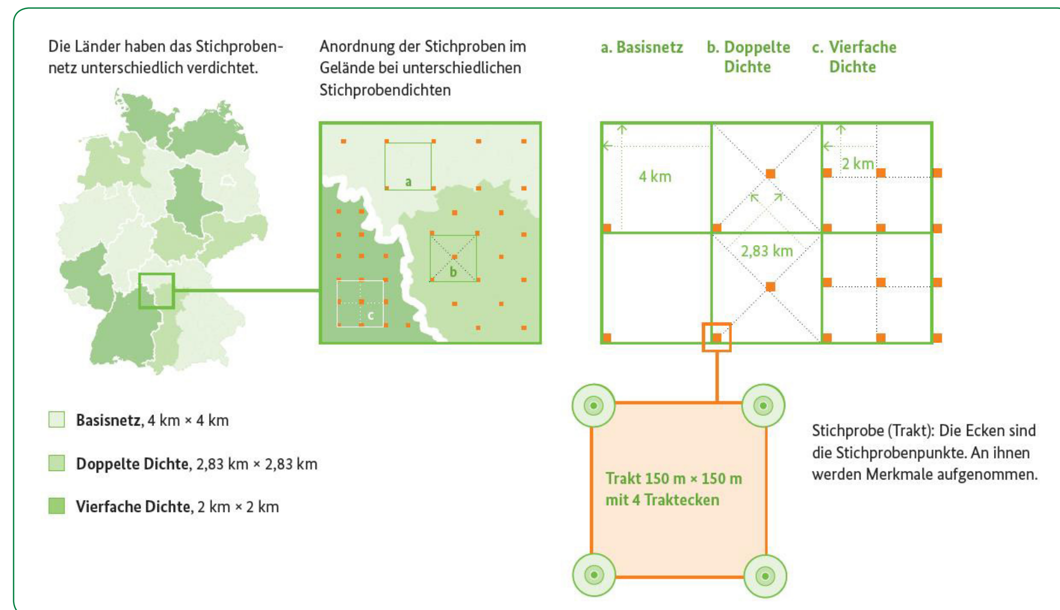


Abbildung 1: Das Stichprobennetz der Bundeswaldinventur

bei die fachliche Grundlage zur Bestimmung der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung kritisiert wird (Reif et al. 2005). Für die Analyse der BWI-3-Daten wurden die Variablen ausgewählt, für die eine hohe ökologische Relevanz erwartet wurde. Außerdem wurden nur Variablen ausgewählt, die untereinander nicht korreliert waren (Spearman-Korrelation < 0,7), um Effekte durch Multikollinearität vorzubeugen. Schließlich wurden die Variablen in zwei unterschiedliche Sets unterteilt. Das BWI-3-Variablenset 1 enthielt Variablen, wie Baumarten, BHD und Holzvorrat, die durch forstliches Management beeinflusst werden können (88 Variablen). Im BWI-3-Variablenset 2 sind zusätzlich alle weiteren Variablen wie Temperatur, Höhenmeter und bestehende Schutzgebietskategorien enthalten, die nicht durch ein forstliches Management beeinflusst werden können (103 Variablen).

2.2 Artverbreitungsdaten

2.2.1 Tiere

Die Daten zur Verbreitung der Fledermäuse wurden im Rahmen der Natura 2000-Richtlinie, nach Art. 17 der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie erstellt (BfN 2014) und sind auf dem Stand von 2013. In Deutschland wurden insgesamt 23 Fledermausarten kartiert, wobei 11 Arten eine engere Bindung an den Wald aufweisen (Meschede & Heller 2000).

Die in der Analyse verwendeten Brutvogeldaten stammten aus der aktuellen Brutvogelkartierung des Dachverbandes Deutscher Avifaunisten (DDA 2014), die zwischen 2005 und 2009 durchgeführt wurde. Es wurden die Daten der durch den DDA bestimmten 51 heimischen Waldbrutvogelarten verwendet.

Sowohl die Waldfledermaus-, als auch die Waldvogeldaten lagen für die Analyse als Anzahl Arten je Rasterfeld der topographischen Karte TK25 (ca. 11 km x 11km) vor.

2.2.2 Pflanzen

Aus der Gefäßpflanzenkartierung (BfN, NetPhyD 2013) wurden alle 322 Waldgefäßpflanzen in Deutschland berücksichtigt, die durch Schmidt et al. (2011) eine engere Bindung an den Wald aufzeigen. Die Verbreitung der Moose wurde zwischen den Jahren 1990 und 2002 aufgenommen und im Moosatlas der Zentralstelle Moose Deutschland (Meinunger und Schröder 2007) veröffentlicht. Hieraus entstammten die Daten zu insgesamt 671 Waldmoosarten definiert nach Preussing et al. (2011).

Für die Analyse wurden jeweils die Anzahl der Waldmoosarten (Abbildung 2) und der Waldgefäßpflanzenarten je Rasterfeld der topographischen Karte TK25/4 (ca. 5 km x 5 km) berechnet.

2.3 Datenanalyse

Die Daten der BWI-3 und der einzelnen Artengruppen konnten mit Hilfe der Identifikationsnummer der TK25-, bzw. TK25/4-Quadranten zusammengeführt werden, da für jede Traktecke bekannt war, in welchem Quadrant sie sich befand. Die Analyse fand mit dem Modell Random Forest (RF; Breimann 2001) statt. Dabei handelt es sich um ein Klassifikationsverfahren, welches aus vielen nicht korrelierten Entscheidungsbäumen besteht. Die Vorzüge von RF bestehen darin, dass es für so große Datensätze sehr gut geeignet ist und auch nicht-lineare Beziehungen und Interaktionen in die Berechnung mit einbeziehen kann. Als Ergebnis liefert RF eine Rangliste, die die Wichtigkeit der Variablen für die Beschreibung der Artverteilung angibt. Es handelt sich hierbei um eine explorative Analyse, die keine genauen Angaben zu der Beziehung zwischen der zu erklärenden Variable (Artverbreitung) und den erklärenden Variablen (BWI-3-Variablensets) zulässt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die RF-Modellergebnisse zeigen, dass vor allem die Variablen *Anteil Hauptbaumarten der natürlichen Waldgesellschaft*, *Historische Waldstandorte* und *Eigentumsart* von Bedeutung für die Erklärung der Verteilungsmuster der Arten aller vier Waldartengruppen sind, wenn ausschließlich Variablen verwendet werden,

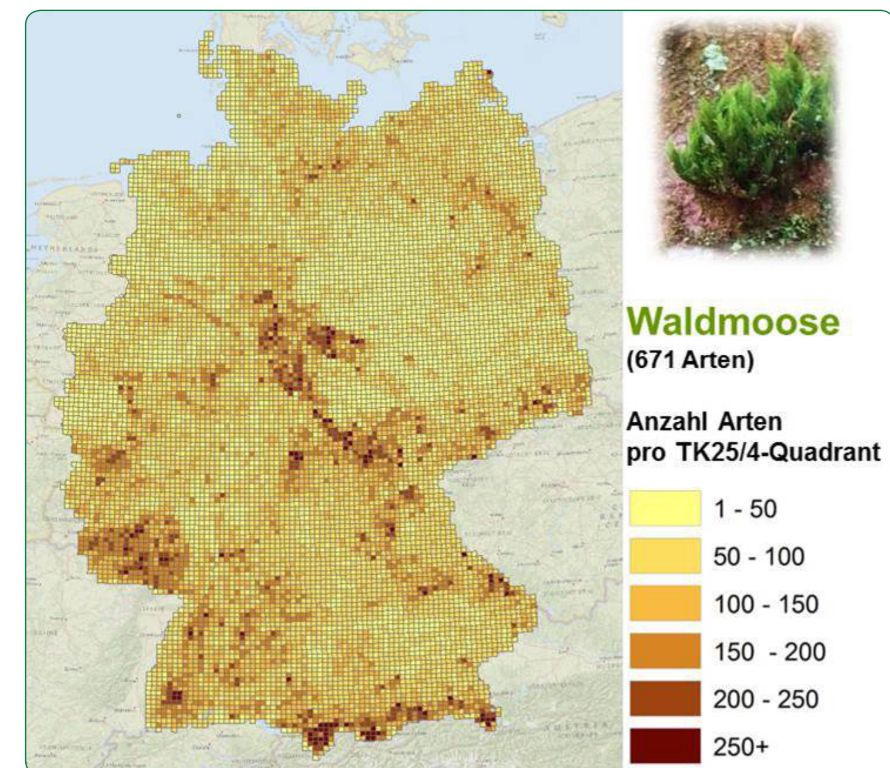


Abbildung 2: Verbreitung der Waldmoose in Anzahl der Arten pro TK25/4-Quadrant über ganz Deutschland aus dem Datensatz Meinungen und Schröder (2007)

die durch ein forstliches Management beeinflusst werden können (BWI-3-Variablenset 1). Zusätzlich konnten spezifische Variablen bestimmt werden, die auf die Verteilung einzelner Artengruppen besonders einwirken: *Bestockungsalter* bei den Waldvogelarten, der *Laubbaumvorrat* bei den Waldfledermäusen, der *Buchenvorrat* für die Waldmoosarten sowie der *Bestockungsaufbau* (ein-, zwei-, mehrschichtiger oder plenterartiger Wald) für die Waldgefäßpflanzen.

Das Ergebnis aus der Analyse mit dem BWI-3-Variablensatzes 2, zeigt hingegen, dass vor allem die *Höhenlage, Temperatur* und die Schutzgebietskategorien *Naturpark, Biosphärenreservat* und *Landschaftsschutzgebiet* sowie die *Eigentumsart* von zentraler Bedeutung für die Verteilung der einzelnen Artengruppen sind. Angesichts des sehr großen ökologischen deutschlandweiten Betrachtungsraumes, sind die Faktoren *Temperatur* und *Höhenlage* zur Erklärung der Verteilung der Artengruppen über Deutschland von grundlegender Bedeutung, was letztlich auch zu einer deutlichen Steigerung der erklärenden Varianz der RF-Modelle (Abbildung 3) führte, wenn diese als Variablen mit einbezogen werden (BWI-3-Variablenset 2). Dies trifft ebenfalls für den Schutzstatus eines Gebietes zu, der ein Hinweis auf den Status der Artenvielfalt geben kann (Noss 1990).

Die *Eigentumsart* stellt eine besonders interessante Variable dar, weil sie in beiden Variablensets und bei jeweils allen Artengruppen als besonders wichtig zur Erklärung der Artenverbreitung identifiziert wurde. Auch auf europäischer Ebene wurde sie als ein Indikator zur Bewertung der nachhaltigen Forstwirtschaft in Europa verwendet (FOREST EUROPE 2015). Hinter der Eigentumsart eines Waldes verbergen sich komplexe Unterschiede im Managementregime, welche auf verschiedene Strukturen im Wald einwirken können - was wiederum die Verbreitung von Waldarten beeinflussen kann. Beispielsweise ist die für die Verbreitung von Waldvögeln, -fledermäusen, -moosen und –gefäßpflanzen wichtige Naturnähe der Baumartenzusammensetzung (siehe oben) in den Landes- und Körperschaftswäldern, sowohl in der Haupt-, als auch in der Jungbestockung, über ganz Deutschland betrachtet, höher als in Privatwäldern (Tabelle 1). Das gleiche Muster ergibt sich auch bei der Betrachtung der durchschnittlichen Totholzwerte, wobei der Landeswald mit rund 26,3 m²/ha Totholz die höchsten Werte aufzeigt (Tabelle 1).

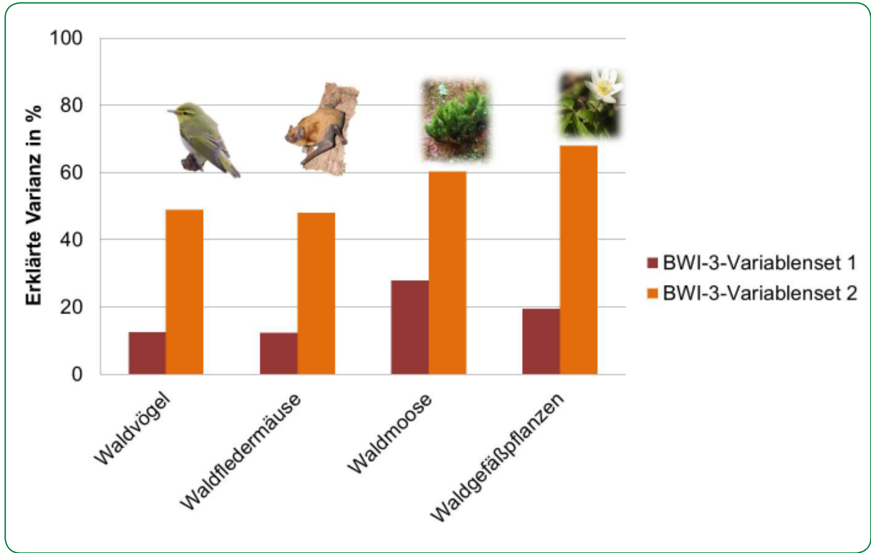


Abbildung 3: Erklärte Varianz der Random Forest Modelle, mit den BWI-3-Variablen, die durch forstliches Management beeinflusst werden können (BWI-3-Variablenset 1) und mit allen BWI-3-Variablen (BWI-3-Variablenset 2)

Eigentumsart	Naturnähe der Baumartenzusammensetzung[1] (Anteile an der Waldfläche in %)		Totholzaufkommen[2] (in m³/ha)
	Hauptbestockung	Jungbestockung	
Landeswald	42,7	60,9	26,3
Körperschaftswald	41	58,4	23,1
Privatwald	30,6	40,7	16,6

1 Thünen-Institut, Dritte Bundeswaldinventur - Ergebnisdatenbank, https://bwi.info, Aufruf am: 08.09.2016, Auftragskürzel: 9Z1JI_L343of_2012_L344, Archivierungsdatum: 2014-8-21 17:4:38.353, Überschrift: Waldfläche [ha] nach Eigentumsart und Naturnähe der Baumartenzusammensetzung der Hauptbestockung, Filter: Jahr=2012

2 Thünen-Institut, Dritte Bundeswaldinventur - Ergebnisdatenbank, https://bwi.info, Aufruf am: 08.09.2016, Auftragskürzel: 69Z1JI_L202of_2012, Archivierungsdatum: 2014-5-26 11:47:39.740, Überschrift: Totholzvorrat [m³/ha] nach Eigentumsart und Totholztyp, Filter: Jahr=2012

Tabelle 1: Ergebnisse aus der Ergebnisdatenbank der dritten Bundeswaldinventur

Entgegen bisheriger Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen dem Vorkommen vieler Waldarten und Waldstrukturen (z.B. Winter et al. 2005; Müller und Bütler 2010), gehören die BWI-3-Variablen zum Totholzaufkommen nicht zu den wichtigen Variablen, die die Artenverteilung in Deutschland erklären. Wir nehmen an, dass dies mit der BWI-Erhebungsmethodik des Totholzes zusammenhängt (siehe 2.1), die dazu führt, dass das Totholz bisher nur lückenhaft aufgenommen wird. Die BWI-Methodik ist darauf ausgelegt, durchschnittliche Totholzwerte über ganz Deutschland zu ermitteln und vermag nicht die punktuelle Totholzverteilung widerzugeben, was jedoch für die Beschreibung der Verbreitung der Waldartengruppen notwendig wäre. Eine ähnliche Schlussfolgerung lässt sich für die durch die BWI aufgenommenen Mikrohabitate an Bäumen, wie Spechthöhlen oder Kronentotholz, ziehen. In der BWI fällt die Stichprobe dieser aktuell eher seltenen Waldstrukturen anscheinend in der Bundeswaldinventur zu gering aus, um die Verteilung über Deutschland ausreichend widergeben zu können.

4 Schlussfolgerungen

Die Bundeswaldinventur wird periodisch und einheitlich durchgeführt und stellt somit eine geeignete Grundlage für ein kontinuierliches bundesweites Monitoring von Waldstrukturen, wie z.B. dem Anteil von Hauptbaumarten der natürlichen Waldgesellschaft dar, die auch für die Verbreitung der hier untersuchten Waldartengruppen von Bedeutung sind. Insgesamt zeigen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen jedoch, dass die Verbreitung der Waldartengruppen der Vögel, Fledermäuse, Moose und Gefäßpflanzen in Deutschland mit Hilfe von Daten der BWI-3 nur in Teilen beschrieben werden kann, wobei sich die erklärte Varianz deutlich verbessert, wenn grundlegende ökologische Faktoren, wie Klima und Höhenlage berücksichtigt werden. Folglich sind Rückschlüsse über den Einfluss von forstlichem Management, auf den Zustand und die Veränderung der Artenvielfalt im Wald nur eingeschränkt möglich. Daher wäre die Einrichtung eines direkten Monitorings von Waldartengruppen (beispielsweise auch Pilze und Käfer) wünschenswert. Dieses Artenmonitoring könnte zeitlich mit der BWI synchronisiert werden und sollte sich räumlich mit möglichst vielen BWI-Stichprobenpunkten überschneiden, damit sich die Erhebungen aus beiden Untersuchungen in einer Datenauswertung gut kombinieren lassen.

Da die Waldstrukturmerkmale Totholz und Baum-Mikrohabitate eine besonders herausragende Bedeutung für die natürliche Artenvielfalt in Wäldern besitzen (z.B. Winter et al. 2005; Winter und Möller 2008; Müller und Bütler et al. 2010; Paillet et al. 2010; Bouvet et al. 2016), sollten an den BWI-Stichprobenpunkten detailliertere Aufnahmen zu diesen Strukturen erfolgen, um eine genauere Darstellung über deren Quantität und Qualität über Deutschland zu erhalten, die auch von Relevanz zur Beschreibung der Verbreitung und Vielfalt von Waldarten ist.



Abbildung 4: Totholz eine wichtige Struktur für viele typische Waldarten, wie z.B. den Mittelspecht

Quellen / Literatur

Bundesamt für Naturschutz/BfN u. Netzwerk Phytodiversitet Deutschland/NetPhyD (Stand: 2013): Datenbank FLORKART der Floristischen Kartierung Deutschlands. Creative Commons (CC BY-NC-SA 3.0 DE)

Bundesamt für Naturschutz/BfN (2014): Natura 2000-Daten, basierend auf Daten der Länder und des Bundes. Stand 2013

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft/BMEL (2011): Aufnahmeanweisung für die dritte Bundeswaldinventur (2011–2012), 2. geänderte Auflage, 108 S.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft/BMEL (2014): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Berlin. 52 S.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz Bau und Reaktorsicherheit/BMUB (Hrsg.) (2015): Naturschutz-Offensive 2020. Berlin. 38 S.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicher-heit/BMUB (Hrsg.) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Bonn. 178 S.

Bouvet, A., Paillet, Y., Archaux, F., et al (2016): Effects of forest structure, management and landscape on bird and bat communities. – In: Environ Conserv 1–13.

Breiman, L. (2001): Random forests. – In: Machine Learning, 45: 5-32.

DDA / Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (2014): Datenbestand ADEBAR.

Forest Europe (2015): The updated pan-european set of indicators for sustainable forest management, 7th FOREST EUROPE Ministerial Conference, Madrid.

Meinunger L. u. Schröder W. (2007): Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands. Dürrhammer O. (Hrsg.): Regensburger Botanische Gesellschaft. Regensburg: 3 Bände. 2044 S.

Meschede, A. u. Heller, K.-G. (2000): Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.). – In: Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 66. Bonn: 374 S.

Müller, J. u. Bütler, R. (2010): A review of habitat thresholds for dead wood: A baseline for management recommendations in European forests. – In: Eur J For Res 129:981–992.

Noss, R.F. (1990): Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. – In: Conservation Biology 4(4): 355-364.

Paillet, Y., Berges, L., Hjalten, J., Odor, P., Avon, C., Bernhardt, M.-R., Bijlsma, R.-J., DeBruyn, L., Fuhr, M., Grandin, U., Kanka, R., Lundin, L., Luque, S., Magura, T., Matesanz, S., Meszaros, I., Sebastia, M.-T., Schmidt, W., Standovar, T., Tothmeresz, B., Uotila, A., Valladares, F., Vellak, K., Virtanen, R. (2009): Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. – In: Conserv. Biol. 24: 101–112.

Reif, A., Wager; U.; Bieling, C. (2005): Analyse und Diskussion der Erhebungsmethoden und Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur. – In: BfN-Skripten, 158 S.

Schmidt, M.; Kriebitzsch, W.-U.; Ewald, J. [eds.] (2011): Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands. – In: BfN-Skripten 299: 1-111.

Preussing, M.; Drehwald, U.; Koperski, M., Thiel, H.; Waesch, G.; Baumann, M.; Berg, C.; Dierschke, H.; Dolnik, C.; Dürhammer, O.; Ewald, J.; Fischer, A.; Grünberg, H.; Heinken, T.; Jansen, F.; Kison, H.U.; Klawitter, J.; Kriebitzsch, W.U.; Loos, G.H.; Manthey, M.; Müller, J.; Paul, A.; Reimann, M.; Schmidt, M.; Schmidt, W.; Stetzka, K.M.; Teuber, D.; Teuber, U.; Wagner, A.; Wagner, I.; Weckesser, M.; Winter, S.; Wolf, T.; Wulf, M.; (2011): Waldartenliste der Moose Deutschlands. - In: Schmidt, M.; Kriebitzsch, W.U.; Ewald, J. (Eds.): Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands. – In: BfN-Skripten 99: 75-88.

Winter, S.; Flade, M.; Schumacher, H.; Kerstan, E.; Möller, GC. (2005): The importance of near-natural stand structures for the biocoenosis of lowland beech forests. – In: For Snow Landsc Res 79, 1/2:127–144.

Winter, S. u. Möller, GC. (2008): Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. – In: For Ecol Manage 255:1251–1261.

Anschrift der Autorinnen und des Autors

Judith Reise
Judith.Reise@hnee.de

Florian Kukulka
Florian.Kukulka@hnee.de

Susanne Winter
Susanne.Winter@hnee.de

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
Alfred-Möller-Str. 1
16225 Eberswalde

Serina Trotzer
trotzer@uni-potsdam.de

Universität Potsdam
Am Neuen Palais 10
14469 Potsdam